

明細書

液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法

5 技術分野

本発明は、液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法に関する。

背景技術

10 液滴吐出装置の一つであるインクジェットプリンタは、複数のノズルからインク滴（液滴）を吐出して所定の用紙上に画像形成を行っている。インクジェットプリンタの印刷ヘッド（インクジェットヘッド）には、多数のノズルが設けられているが、インクの粘度の増加や、気泡の混入、塵や紙粉の付着等の原因によって、いくつかのノズルが目詰まりしてインク滴を吐出できない場合がある。ノズルが目詰まりするとプリントされた画像内にドット抜けが生じ、画質を劣化させる原因となっている。

従来、このようなインク滴の吐出異常（以下、「ドット抜け」ともいう）を検出する方法として、インクジェットヘッドのノズルからインク滴が吐出されない状態（インク滴吐出異常状態）をインクジェットヘッドのノズル毎に光学的に検出する方法が考案されている（例えば、特開平8-309963号公報など）。この方法により、ドット抜け（吐出異常）を発生しているノズルを特定することが可能となっている。

しかしながら、上述の光学式のドット抜け（液滴吐出異常）検出方法では、光源及び光学センサを含む検出器が液滴吐出装置（例えば、インクジェットプリンタ）に取付けられている。この検出方法では、一般に、液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド）のノズルから吐出する液滴が光源と光学センサの間を通過し、光源と光学センサの間の光を遮断するように、光源及び光学センサを精密な精度で（高精度に）設定（設置）しなければならないという問題がある。また、このような検出器は通常高価であり、インクジェット

プリンタの製造コストが増大してしまうという問題もある。さらに、ノズルからのインクミストや印刷用紙等の紙粉によって、光源の出力部や光学センサの検出部が汚れてしまい、検出器の信頼性が問題となる可能性もある。

また、上述の光学式のドット抜け検出方法では、ノズルのドット抜け、すなわち、インク滴の吐出異常（不吐出）を検出することはできるが、その検出結果に基づいてドット抜け（吐出異常）の原因を特定（判定）することができず、ドット抜けの原因に対応する適切な回復処理を選択し、実行することが不可能であるという問題もある。そのため、例えば、ワイピング処理で回復可能な状態であるにもかかわらず、インクジェットヘッドからインクをポンプ吸引などすることにより、排インク（無駄なインク）が増加することや、適切な回復処理が行われないために複数の回復処理を実施することによって、インクジェットプリンタ（液滴吐出装置）のスループットを低下あるいは悪化させてしまう。

15 発明の開示

本発明の目的は、液滴吐出動作後における所定の期間に発生した基準パルスをカウントすることにより、液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出することができる液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法を提供することにある。

20 上記課題を解決するために、本発明の一実施形態において、本発明の液滴吐出装置は、

振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を25 液滴として吐出するノズルとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、

前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、

基準パルスを発生させるパルス生成手段と、

所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、

前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を

検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする。

本発明の液滴吐出装置によれば、アクチュエータの駆動により、液体を液滴として吐出する動作を行った際に、所定の期間内に発生するパルスをカウントし、そのカウント値に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出している。

したがって、本発明の液滴吐出装置によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

ここで、前記振動板の残留振動とは、前記アクチュエータが前記駆動回路の駆動信号（電圧信号）により液滴吐出動作を行った後、次の駆動信号が入力されて再び液滴吐出動作を実行するまでの間に、この液滴吐出動作により前記振動板が減衰しながら振動を続けている状態をいう。

また、好ましくは、前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した際に前記アクチュエータにより変位された前記振動板が残留振動を発生させるまでの期間でもよく、前記残留振動の最初の半周期の期間でもよく、あるいは、前記残留振動の最初の1周期の期間でもよい。そして、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記アクチュエータの駆動により液滴が正常に吐出されたときの基準パルスの正常カウント範囲と、前記所定の期間内における前記カウンタのカウント値と比較することにより、前記吐出異常を検出する。

ここで、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記カウント値が前記正常カウント範囲よりも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出し、前記カウント値が前記正常カウント範囲よりも大きいときは、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したか、あるいは、前記ノズル出口付近に紙粉が付着したものと検出する。

好ましくは、前記カウンタは、所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルスの数を減算カウントし、前記吐出異常検出手段は、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する。この場合、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第1の閾値よりも小さいときには、吐出異常の原因として前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出し、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと検出し、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと検出する。なお、
10 本発明において、「紙粉」とは、単に記録用紙などから発生した紙粉のみに限らず、例えば、紙送りローラ（給紙ローラ）などのゴムの切れ端や、空気中に浮遊するごみなどを含むノズル付近に付着して液滴吐出の妨げとなるすべてのものをいう。

さらに、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、前記吐出異常検出手段によって検出された検出結果を記憶する記憶手段を更に備えてもよい。また、
15 本発明の液滴吐出装置は、好ましくは、前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備える。

ここで、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振するように構成されてもよい。ここで、好ましくは、前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるC R発振回路を構成する。また、前記吐出異常検出手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成するF／V変換回路を含んでもよい。さらに、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記F／V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む。この場合、好ましくは、前記波形整形回路は、前記F／V変換回路によって生成

された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去するDC成分除去手段と、このDC成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する。

5 なお、前記アクチュエータは、静電式アクチュエータであってもよく、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータであってもよい。本発明の液滴吐出装置は、上記のようなコンデンサからなる静電アクチュエータのみならず、圧電アクチュエータも用いることができるので、既存のほとんどの液滴吐出装置に本発明を適用することができる。また、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む。

10 また、本発明の別の実施形態では、本発明の液滴吐出装置は、
液体が充填されるキャビティと、前記キャビティに連通するノズルと、前記キャビティ内に充填された液体の圧力を変動し、この圧力変動により液体を液滴として前記ノズルから吐出させる圧電アクチュエータと有する複数
15 の液滴吐出ヘッドと、

前記圧電アクチュエータを駆動する駆動回路と、
基準パルスを発生させるパルス生成手段と、
所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、
前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を
20 検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする。

25 このように、本発明の液滴吐出装置は、圧電アクチュエータを利用して、その起電圧により、上述と同様の構成を採用することができる。なお、好ましくは、前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した後の前記圧電アクチュエータの起電圧による電圧の残留振動を発生させるまでの期間である。なお、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む。

また、本発明の別の態様において、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出手法は、アクチュエータを駆動して振動板を振動することにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、基準パルス

を発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間内に発生した基準パルスをカウントし、このカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出することを特徴とする。

ここで、好ましくは、所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルスの数を減算し、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する。
5

また、本発明の別の実施形態では、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法は、圧電アクチュエータを駆動して液滴を吐出する動作を行った後、基準パルスを発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間内に発生した基準パルスをカウントし、このカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出することを特徴とする。これにより、圧電アクチュエータの起電圧に基づく残留振動においても同様に吐出異常を検出することができる。
10
15

図面の簡単な説明

本発明の前述の並びに他の目的、特徴及び利点は、添付図面を参照して進められる本発明の好適実施形態の以下の詳細な記述から一層容易に明確になるであろう。

図1は、本発明の液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタの構成を示す概略図である。
20

図2は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すプロック図である。

図3は、図1に示すインクジェットヘッドの概略的な断面図である。

図4は、図1に示す1色のインクに対応するヘッドユニットの構成を示す分解斜視図である。
25

図5は、4色インクを用いるヘッドユニットのノズルプレートのノズル配置パターンの一例である。

図6は、図3のIII-III断面の駆動信号入力時の各状態を示す状態図である。

図 7 は、図 3 の振動板の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。

図 8 は、図 3 の振動板の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。

5 図 9 は、図 3 のキャビティ内に気泡が混入した場合のノズル付近の概念図である。

図 10 は、キャビティへの気泡混入によりインク滴が吐出しなくなった状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

10 図 11 は、図 3 のノズル付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル付近の概念図である。

図 12 は、ノズル付近のインクの乾燥増粘状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図 13 は、図 3 のノズル出口付近に紙粉が付着した場合のノズル付近の概念図である。

15 図 14 は、ノズル出口に紙粉が付着した状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図 15 は、ノズル付近に紙粉が付着した前後におけるノズルの状態を示す写真である。

図 16 は、図 3 に示す吐出異常検出手段の概略的なブロック図である。

20 図 17 は、図 3 の静電アクチュエータを平行平板コンデンサとした場合の概念図である。

図 18 は、図 3 の静電アクチュエータから構成されるコンデンサを含む発振回路の回路図である。

25 図 19 は、図 16 に示す吐出異常検出手段の F / V 変換回路の回路図である。

図 20 は、本発明の発振回路から出力する発振周波数に基づく各部の出力信号などのタイミングを示すタイミングチャートである。

図 21 は、固定時間 t_r 及び t_1 の設定方法を説明するための図である。

図 22 は、図 16 の波形整形回路の回路構成を示す回路図である。

図23は、駆動回路と検出回路との切替手段の概略を示すブロック図である。

図24は、本発明の計測手段の一例を示すブロック図である。

図25は、図24に示す減算カウンタの減算処理のタイミングチャートである。
5

図26は、本発明の一実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。

図27は、本発明の残留振動検出処理を示すフローチャートである。

図28は、本発明の吐出異常検出処理における吐出異常の原因の判定結果
10の一例である。

図29は、本発明の計測手段の他の例を示すブロック図である。

図30は、インクジェットヘッドに吐出異常が発生している場合と正常吐出の場合における残留振動波形を示す図である。

図31は、図29に示す減算カウンタの減算処理のタイミングチャート（
15半周期毎）である。

図32は、本発明の他の実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。

図33は、残留振動発生までの時間及び残留振動の半周期と、吐出異常の原因との関係を示す表である。

20 図34は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図35は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

25 図36は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図37は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図38は、圧電アクチュエータを用いる場合の駆動回路と検出回路との切替手段の概略を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図1～図38を参照して本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態は例示として挙げるものであり、これにより本発明の内容を限定的に解釈すべきではない。なお、以下、本実施形態では、本発明の液滴吐出装置の一例として、インク（液状材料）を吐出して記録用紙に画像をプリントするインクジェットプリンタを用いて説明する。

10 <第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態における液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタ1の構成を示す概略図である。なお、以下の説明では、図1中、上側を「上部」、下側を「下部」という。まず、このインクジェットプリンタ1の構成について説明する。

15 図1に示すインクジェットプリンタ1は、装置本体2を備えており、上部後方に記録用紙Pを設置するトレイ21と、下部前方に記録用紙Pを排出する排紙口22と、上部面に操作パネル7とが設けられている。

操作パネル7は、例えば、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、LEDランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（図示せず）と、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。

また、装置本体2の内部には、主に、往復動する印字手段（移動体）3を備える印刷装置（印刷手段）4と、記録用紙Pを1枚ずつ印刷装置4に対し供給・排出する給紙装置（給紙手段）5と、印刷装置4及び給紙装置5を制御する制御部（制御手段）6とを有している。

25 制御部6の制御により、給紙装置5は、記録用紙Pを一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙Pは、印字手段3の下部近傍を通過する。このとき、印字手段3が記録用紙Pの送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙Pへの印刷が行なわれる。すなわち、印字手段3の往復動と記録用紙Pの間欠送りとが、印刷における主走査及び副走査となって、インクジェット方

式の印刷が行なわれる。

印刷装置 4 は、印字手段 3 と、印字手段 3 を主走査方向に移動させる駆動源となるキャリッジモータ 4 1 と、キャリッジモータ 4 1 の回転を受けて、印字手段 3 を往復動させる往復動機構 4 2 とを備えている。

5 印字手段 3 は、その下部に、多数のノズル 1 1 0 を備えるインクの種類に対応した複数のヘッドユニット 3 5 と、各ヘッドユニット 3 5 にインクを供給する複数のインクカートリッジ（I／C）3 1 と、各ヘッドユニット 3 5 及びインクカートリッジ 3 1 を搭載したキャリッジ 3 2 とを有している。

また、ヘッドユニット 3 5 は、図 3 において後述するように、それぞれ一つの、ノズル 1 1 0 と、振動板 1 2 1 と、静電アクチュエータ 1 2 0 と、キャビティ 1 4 1 と、インク供給口 1 4 2 等で構成されたインクジェット式記録ヘッド（インクジェットヘッドあるいは液滴吐出ヘッド）1 0 0 を多数備えている。なお、ヘッドユニット 3 5 は、図 1 ではインクカートリッジ 3 1 を含んだ構成を示しているが、このような構成に限定されない。例えば、インクカートリッジ 3 1 を別に固定し、チューブなどによってヘッドユニット 3 5 に供給されるようなものでもよい。したがって、以下において、印字手段 3 とは別に、それぞれ一つの、ノズル 1 1 0 と、振動板 1 2 1 と、静電アクチュエータ 1 2 0 と、キャビティ 1 4 1 と、インク供給口 1 4 2 等で構成されたインクジェットヘッド 1 0 0 を複数設けたものをヘッドユニット 3 5 と称するものとする。

なお、インクカートリッジ 3 1 として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック（黒）の 4 色のインクを充填したものを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。この場合、印字手段 3 には、各色にそれぞれ対応したヘッドユニット 3 5 が設けられることになる。ここで、図 1 では、4 色のインクに対応した 4 つのインクカートリッジ 3 1 を示しているが、印字手段 3 は、その他の色、例えば、ライトシアン、ライトマゼンタ、ダークイエローなどのインクカートリッジ 3 1 を更に備えるように構成されてもよい。

往復動機構 4 2 は、その両端をフレーム（図示せず）に支持されたキャリッジガイド軸 4 2 2 と、キャリッジガイド軸 4 2 2 と平行に延在するタイミ

ングベルト 421 を有している。

キャリッジ 32 は、往復動機構 42 のキャリッジガイド軸 422 に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト 421 の一部に固定されている。

- 5 キャリッジモータ 41 の作動により、ブーリを介してタイミングベルト 4
21 を正逆走行させると、キャリッジガイド軸 422 に案内されて、印字手
段 3 が往復動する。そして、この往復動の際に、印刷されるイメージデータ
(印刷データ) に対応して、ヘッドユニット 35 内の複数のインクジェット
ヘッド 100 のノズル 110 から適宜インクが吐出され、記録用紙 P への印
刷が行われる。
10

給紙装置 5 は、その駆動源となる給紙モータ 51 と、給紙モータ 51 の作
動により回転する給紙ローラ 52 を有している。

- 給紙ローラ 52 は、記録用紙 P の送り経路 (記録用紙 P) を挟んで上下に
対向する従動ローラ 52a と駆動ローラ 52b とで構成され、駆動ローラ 5
15 2b は給紙モータ 51 に連結されている。これにより、給紙ローラ 52 は、
トレイ 21 に設置した多数枚の記録用紙 P を、印刷装置 4 に向かって 1 枚ず
つ送り込めるようになっている。なお、トレイ 21 に代えて、記録用紙 P を
収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

- 制御部 6 は、例えば、パーソナルコンピュータ (PC) やデジタルカメ
20 ラ (DC) 等のホストコンピュータ 8 から入力された印刷データに基づいて
、印刷装置 4 や給紙装置 5 等を制御することにより記録用紙 P に印刷処理を行
うものである。また、制御部 6 は、操作パネル 7 の表示部にエラーメッセ
ージ等を表示させ、あるいは LED ランプ等を点灯／点滅させるとともに、
操作部から入力された各種スイッチの押下信号に基づいて、対応する処理を
25 各部に実行させるものである。

図 2 は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すプロック
ク図である。この図 2において、本発明のインクジェットプリンタ 1 は、ホ
ストコンピュータ 8 から入力された印刷データなどを受け取るインターフェ
ース部 (IF : Interface) 9 と、制御部 6 と、キャリッジモータ 41 と、

キャリッジモータ 4 1 を駆動制御するキャリッジモータドライバ 4 3 と、給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 を駆動制御する給紙モータドライバ 5 3 と、ヘッドユニット 3 5 と、ヘッドユニット 3 5 を駆動制御するヘッドドライバ 3 3 と、吐出異常検出手段 1 0 とを備える。なお、吐出異常検出手段 1 0
5 及びヘッドドライバ 3 3 については、詳細を後述する。

この図 2において、制御部 6 は、印刷処理や吐出異常検出処理などの各種処理を実行する C P U (Central Processing Unit) 6 1 と、ホストコンピュータ 8 から I F 9 を介して入力される印刷データを図示しないデータ格納領域に格納する不揮発性半導体メモリの一種である E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) (記憶手段) 6 2 と、後述する吐出異常検出処理などを実行する際に各種データを一時的に格納し、あるいは印刷処理などのアプリケーションプログラムを一時的に展開する R A M (Random Access Memory) 6 3 と、各部を制御する制御プログラム等を格納する不揮発性半導体メモリの一種である P R O M 6 4 とを備えている。
10 なお、制御部 6 の各構成要素は、図示しないバスを介して電気的に接続されている。
15

上述のように、印字手段 3 は、各色のインクに対応した複数のヘッドユニット 3 5 から構成され、この各ヘッドユニット 3 5 は、複数のノズル 1 1 0 と、これらの各ノズル 1 1 0 に対応する静電アクチュエータ 1 2 0 と（複数 20 のインクジェットヘッド 1 0 0）を備える。すなわち、ヘッドユニット 3 5 は、1 組のノズル 1 1 0 及び静電アクチュエータ 1 2 0 を有してなるインクジェットヘッド（液滴吐出ヘッド）1 0 0 を複数個備えた構成になっている。そして、ヘッドドライバ 3 3 は、各インクジェットヘッド 1 0 0 の静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する駆動回路 1 8 と、切替手段 2 3 とから構成される（図 1 6 参照）。なお、インクジェットヘッド 1 0 0 及び静電アクチュエータ 1 2 0 の構成については後述する。
25

また、制御部 6 には、図示しないが、例えば、インクカートリッジ 3 1 のインク残量、印字手段 3 の位置、温度、湿度等の印刷環境等を検出可能な各

種センサが、それぞれ電気的に接続されている。

制御部 6 は、 I F 9 を介して、ホストコンピュータ 8 から印刷データを入手すると、その印刷データを E E P R O M 6 2 に格納する。そして、 C P U 6 1 は、この印刷データに所定の処理を実行して、この処理データ及び各種 5 センサからの入力データに基づいて、各ドライバ 3 3 、 4 3 、 5 3 に駆動信号を出力する。各ドライバ 3 3 、 4 3 、 5 3 を介してこれらの駆動信号が入力されると、ヘッドユニット 3 5 の複数のインクジェットヘッド 1 0 0 に対応する静電アクチュエータ 1 2 0 、印刷装置 4 のキャリッジモータ 4 1 及び給紙装置 5 がそれぞれ作動する。これにより、記録用紙 P に印刷処理が実行 10 される。

次に、各ヘッドユニット 3 5 内の各インクジェットヘッド 1 0 0 の構造を説明する。図 3 は、図 2 に示すヘッドユニット 3 5 内の 1 つのインクジェットヘッド 1 0 0 の概略的な断面図（インクカートリッジ 3 1 などの共通部分を含む）であり、図 4 は、 1 色のインクに対応するヘッドユニット 3 5 の概略的な構成を示す分解斜視図であり、図 5 は、図 3 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 を複数適用したヘッドユニット 3 5 のノズル面の一例を示す平面図である。なお、図 3 及び図 4 は、通常使用される状態とは上下逆に示されており、図 5 は、図 3 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 を図中上方から見たときの平面図である。

20 図 3 に示すように、ヘッドユニット 3 5 は、インク取り入れ口 1 3 1 、ダンパ室 1 3 0 及びインク供給チューブ 3 1 1 を介して、インクカートリッジ 3 1 に接続されている。ここで、ダンパ室 1 3 0 は、ゴムからなるダンパ 1 3 2 を備えている。このダンパ室 1 3 0 により、キャリッジ 3 2 が往復走行する際のインクの揺れ及びインク圧の変化を吸収することができ、これにより、ヘッドユニット 3 5 の各インクジェットヘッド 1 0 0 に所定量のインクを安定的に供給することができる。

また、ヘッドユニット 3 5 は、シリコン基板 1 4 0 を挟んで、上側に同じくシリコン製のノズルプレート 1 5 0 と、下側にシリコンと熱膨張率が近いホウ珪酸ガラス基板（ガラス基板） 1 6 0 とがそれぞれ積層された 3 層構造

をなしている。中央のシリコン基板 140 には、独立した複数のキャビティ（圧力室）141（図4では、7つのキャビティを示す）と、1つのリザーバ（共通インク室）143と、このリザーバ 143 を各キャビティ 141 に連通させるインク供給口（オリフィス）142としてそれぞれ機能する溝が形成されている。各溝は、例えば、シリコン基板 140 の表面からエッチング処理を施すことにより形成することができる。このノズルプレート 150 と、シリコン基板 140 と、ガラス基板 160 とがこの順序で接合され、各キャビティ 141、リザーバ 143、各インク供給口 142 が区画形成されている。

これらのキャビティ 141 は、それぞれ短冊状（直方体状）に形成されており、後述する振動板 121 の振動（変位）によりその容積が可変であり、この容積変化によりノズル（インクノズル）110 からインク（液状材料）を吐出するよう構成されている。ノズルプレート 150 には、各キャビティ 141 の先端側の部分に対応する位置に、ノズル 110 が形成されており、これらが各キャビティ 141 に連通している。また、リザーバ 143 が位置しているガラス基板 160 の部分には、リザーバ 143 に連通するインク取り入れ口 131 が形成されている。インクは、インクカートリッジ 31 からインク供給チューブ 311、ダンパ室 130 を経てインク取り入れ口 131 を通り、リザーバ 143 に供給される。リザーバ 143 に供給されたインクは、各インク供給口 142 を通って、独立した各キャビティ 141 に供給される。なお、各キャビティ 141 は、ノズルプレート 150 と、側壁（隔壁）144 と、底壁 121 とによって、区画形成されている。

独立した各キャビティ 141 は、その底壁 121 が薄肉に形成されており、底壁 121 は、その面外方向（厚さ方向）、すなわち、図3において上下方向に弹性変形（弹性変位）可能な振動板（ダイヤフラム）として機能するように構成されている。したがって、この底壁 121 の部分を、以後の説明の都合上、振動板 121 と称して説明することもある（すなわち、以下、「底壁」と「振動板」のいずれにも符号 121 を用いる）。

ガラス基板 160 のシリコン基板 140 側の表面には、シリコン基板 14

0の各キャビティ141に対応した位置に、それぞれ、浅い凹部161が形成されている。したがって、各キャビティ141の底壁121は、凹部161が形成されたガラス基板160の対向壁162の表面に、所定の間隙を介して対峙している。すなわち、キャビティ141の底壁121と後述するセグメント電極122の間には、所定の厚さ（例えば、0.2ミクロン程度）の空隙が存在する。なお、前記凹部161は、例えば、エッチングなどで形成することができる。

ここで、各キャビティ141の底壁（振動板）121は、ヘッドドライバ33から供給される駆動信号によってそれぞれ電荷を蓄えるための各キャビティ141側の共通電極124の一部を構成している。すなわち、各キャビティ141の振動板121は、それぞれ、後述する対応する静電アクチュエータ120の対向電極（コンデンサの対向電極）の一方を兼ねている。そして、ガラス基板160の凹部161の表面には、各キャビティ141の底壁121に対峙するように、それぞれ、共通電極124に対向する電極であるセグメント電極122が形成されている。また、図3に示すように、各キャビティ141の底壁121の表面は、シリコンの酸化膜（SiO₂）からなる絶縁層123により覆われている。このように、各キャビティ141の底壁121、すなわち、振動板121と、それに対応する各セグメント電極122とは、キャビティ141の底壁121の図3中下側の表面に形成された絶縁層123と凹部161内の空隙とを介し、対向電極（コンデンサの対向電極）を形成（構成）している。したがって、振動板121と、セグメント電極122と、これらの間の絶縁層123及び空隙とにより、静電アクチュエータ120の主要部が構成される。

図3に示すように、これらの対向電極の間に駆動電圧を印加するための駆動回路18を含むヘッドドライバ33は、制御部6から入力される印字信号（印字データ）に応じて、これらの対向電極間の充放電を行う。ヘッドドライバ（電圧印加手段）33の一方の出力端子は、個々のセグメント電極122に接続され、他方の出力端子は、シリコン基板140に形成された共通電極124の入力端子124aに接続されている。なお、シリコン基板140

には不純物が注入されており、それ自体が導電性をもつために、この共通電極 124 の入力端子 124a から底壁 121 の共通電極 124 に電圧を供給することができる。また、例えば、シリコン基板 140 の一方の面に金や銅などの導電性材料の薄膜を形成してもよい。これにより、低い電気抵抗で（効率良く）共通電極 124 に電圧（電荷）を供給することができる。この薄膜は、例えば、蒸着あるいはスパッタリング等によって形成すればよい。ここで、本実施形態では、例えば、シリコン基板 140 とガラス基板 160 とを陽極接合によって結合（接合）させるので、その陽極結合において電極として用いる導電膜をシリコン基板 140 の流路形成面側（図 3 に示すシリコン基板 140 の上部側）に形成している。そして、この導電膜をそのまま共通電極 124 の入力端子 124a として用いる。なお、本発明では、例えば、共通電極 124 の入力端子 124a を省略してもよく、また、シリコン基板 140 とガラス基板 160 との接合方法は、陽極接合に限定されない。

図 4 に示すように、ヘッドユニット 35 は、複数のインクジェットヘッド 100 に対応する複数のノズル 110 が形成されたノズルプレート 150 と、複数のキャビティ 141、複数のインク供給口 142、1 つのリザーバ 143 が形成されたシリコン基板（インク室基板） 140 と、絶縁層 123 とを備え、これらがガラス基板 160 を含む基体 170 に収納されている。基体 170 は、例えば、各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、この基体 170 にシリコン基板 140 が固定、支持されている。

なお、ノズルプレート 150 に形成された複数のノズル 110 は、図 4 では簡潔に示すためにリザーバ 143 に対して略並行に直線的に配列されているが、ノズル 110 の配列パターンはこの構成に限らず、通常は、例えば、図 5 に示すノズル配置パターンのように、段をずらして配置される。また、このノズル 110 間のピッチは、印刷解像度（d p i）に応じて適宜設定され得るものである。なお、図 5 では、4 色のインク（インクカートリッジ 31）を適用した場合におけるノズル 110 の配置パターンを示している。

図 6 は、図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す。ヘッドドライバ 33 から対向電極間に駆動電圧が印加されると、対向電極間にクーロ

ン力が発生し、底壁（振動板）121は、初期状態（図6（a））に対して、セグメント電極122側へ撓み、キャビティ141の容積が拡大する（図6（b））。この状態において、ヘッドドライバ33の制御により、対向電極間の電荷を急激に放電させると、振動板121は、その弾性復元力によって図中上方に復元し、初期状態における振動板121の位置を越えて上部に移動し、キャビティ141の容積が急激に収縮する（図6（c））。このときキャビティ141内に発生する圧縮圧力により、キャビティ141を満たすインク（液状材料）の一部が、このキャビティ141に連通しているノズル110からインク滴として吐出される。

各キャビティ141の振動板121は、この一連の動作（ヘッドドライバ33の駆動信号によるインク吐出動作）により、次の駆動信号（駆動電圧）が入力されて再びインク滴を吐出するまでの間、減衰振動をしている。以下、この減衰振動を残留振動とも称する。振動板121の残留振動は、ノズル110やインク供給口142の形状、あるいはインク粘度等による音響抵抗 r と、流路内のインク重量によるイナータンス m と、振動板121のコンプライアンス Cm とによって決定される固有振動周波数を有するものと想定される。

上記想定に基づく振動板121の残留振動の計算モデルについて説明する。図7は、振動板121の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。このように、振動板121の残留振動の計算モデルは、音圧 P と、上述のイナータンス m 、コンプライアンス Cm 及び音響抵抗 r とで表せる。そして、図7の回路に音圧 P を与えた時のステップ応答を体積速度 u について計算すると、次式が得られる。

【数1】

$$u = \frac{P}{\omega \cdot m} e^{-\omega t} \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot C_m} - \alpha^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{r}{2m} \quad (3)$$

この式から得られた計算結果と、別途行ったインク滴の吐出後の振動板121の残留振動の実験における実験結果とを比較する。図8は、振動板121の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。この図8に示すグラフからも分かるように、実験値と計算値の2つの波形は、概ね一致している。

さて、ヘッドユニット35の各インクジェットヘッド100では、前述したような吐出動作を行ったにもかかわらずノズル110からインク滴が正常に吐出されない現象、すなわち液滴の吐出異常が発生する場合がある。この吐出異常が発生する原因としては、後述するように、①キャビティ141内への気泡の混入、②ノズル110付近でのインクの乾燥・増粘（固着）、③ノズル110出口付近への紙粉付着、等が挙げられる。

この吐出異常が発生すると、その結果としては、典型的にはノズル110から液滴が吐出されないこと、すなわち液滴の不吐出現象が現れ、その場合記録用紙Pに印刷（描画）した画像における画素のドット抜けを生じる。また、吐出異常の場合には、ノズル110から液滴が吐出されたとしても、液滴の量が過少であったり、その液滴の飛行方向（弾道）がずれたりして適正に着弾しないので、やはり画素のドット抜けとなって現れる。このようなことから、以下の説明では、液滴の吐出異常のことを単に「ドット抜け」という場合もある。

以下において、図8に示す比較結果に基づいて、インクジェットヘッド100のノズル110に発生する印刷処理時のドット抜け（吐出異常）現象（

液滴不吐出現象)の原因別に、振動板121の残留振動の計算値と実験値がマッチ(概ね一致)するように、音響抵抗 r 及び/又はイナータンス m の値を調整する。なお、ここでは、気泡混入、乾燥増粘及び紙粉付着の3種類について検討する。

5 まず、ドット抜けの1つの原因であるキャビティ141内への気泡の混入について検討する。図9は、図3のキャビティ141内に気泡Bが混入した場合のノズル110付近の概念図である。この図9に示すように、発生した気泡Bは、キャビティ141の壁面に発生付着しているものと想定される(図9では、気泡Bの付着位置の一例として、気泡Bがノズル110付近に付着している場合を示す)。

10 このように、キャビティ141内に気泡Bが混入した場合には、キャビティ141内を満たすインクの総重量が減り、イナータンス m が低下するものと考えられる。また、気泡Bは、キャビティ141の壁面に付着しているので、その径の大きさだけノズル110の径が大きくなつたような状態となり
15 、音響抵抗 r が低下するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図8の場合に対して、音響抵抗 r 、イナータンス m を共に小さく設定して、気泡混入時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図10のような結果(グラフ)が得られた。図8及び図10のグラフから分かるように、キャビティ141内に気泡が混入した場合には、正常吐出時に比べて周波数が高くなる特徴的な残留振動波形が得られる。なお、音響抵抗 r の低下などにより、残留振動の振幅の減衰率も小さくなり、残留振動は、その振幅をゆっくりと下げていることも確認することができる。

20 次に、ドット抜けのもう1つの原因であるノズル110付近でのインクの乾燥(固着、増粘)について検討する。図11は、図3のノズル110付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル110付近の概念図である。この図11に示すように、ノズル110付近のインクが乾燥して固着した場合、キャビティ141内のインクは、キャビティ141内に閉じこめられたような状況となる。このように、ノズル110付近のインクが乾燥、増粘した

場合には、音響抵抗 r が増加するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗 r を大きく設定して、ノズル 110 付近のインク乾燥固着（増粘）時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 12 のような結果（グラフ）が得られた。なお、図 12 に示す実験値は、数日間図示しないキャップを装着しない状態でヘッドユニット 35 を放置し、キャビティ 141 内のノズル 110 付近のインクが乾燥、増粘したことによりインクを吐出することができなくなった（インクが固着した）状態における振動板 121 の残留振動を測定したものである。図 8 及び図 12 のグラフから分かるように、ノズル 110 付近のインクが乾燥により固着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が極めて低くなるとともに、残留振動が過減衰となる特徴的な残留振動波形が得られる。これは、インク滴を吐出するために振動板 121 が図 3 中下方に引き寄せられることによって、キャビティ 141 内にリザーバ 143 からインクが流入した後に、振動板 121 が図 3 中上方に移動するときに、キャビティ 141 内のインクの逃げ道がないために、振動板 121 が急激に振動できなくなるため（過減衰となるため）である。

次に、ドット抜けのさらにもう 1 つの原因であるノズル 110 出口付近への紙粉付着について検討する。図 13 は、図 3 のノズル 110 出口付近に紙粉が付着した場合のノズル 110 付近の概念図である。この図 13 に示すように、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着した場合、キャビティ 141 内から紙粉を介してインクが染み出してしまうとともに、ノズル 110 からインクを吐出することができなくなる。このように、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着し、ノズル 110 からインクが染み出している場合には、振動板 121 からみてキャビティ 141 内及び染み出し分のインクが正常時よりも増えることにより、イナータンス m が増加するものと考えられる。また、ノズル 110 の出口付近に付着した紙粉の纖維によって音響抵抗 r が増大するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、イナータンス m 、音響抵抗 r を共に大きく設定して、ノズル 110 の出口付近への紙粉

付着時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図14のような結果（グラフ）が得られた。図8及び図14のグラフから分かるように、ノズル110の出口付近に紙粉が付着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が低くなる特徴的な残留振動波形が得られる（ここで、紙粉付着の場合、インクの乾燥の場合よりは、残留振動の周波数が高いことも、図12及び図14のグラフから分かる。）。なお、図15は、この紙粉付着前後におけるノズル110の状態を示す写真である。ノズル110の出口付近に紙粉が付着すると、紙粉に沿ってインクがにじみ出している状態を、図15（b）から見出すことができる。

ここで、ノズル110付近のインクが乾燥して増粘した場合と、ノズル110の出口付近に紙粉が付着した場合とでは、いずれも正常にインク滴が吐出された場合に比べて減衰振動の周波数が低くなっている。これら2つのドット抜け（インク不吐出：吐出異常）の原因を振動板121の残留振動の波形から特定するために、例えば、減衰振動の周波数や周期、位相において所定のしきい値を持って比較するか、あるいは、残留振動（減衰振動）の周期変化や振幅変化の減衰率から特定することができる。このようにして、各インクジェットヘッド100におけるノズル110からのインク滴が吐出されたときの振動板121の残留振動の変化、特に、その周波数の変化によって、各インクジェットヘッド100の吐出異常を検出することができる。また、その場合の残留振動の周波数を正常吐出時の残留振動の周波数と比較することにより、吐出異常の原因を特定することもできる。

次に、本発明の吐出異常検出手段10について説明する。図16は、図2に示す吐出異常検出手段10の概略的なブロック図である。この図16に示すように、本発明の吐出異常検出手段10は、発振回路11と、F/V変換回路12と、波形整形回路15とから構成される残留振動検出手段16と、この残留振動検出手段16によって検出された残留振動波形データから周期や振幅などを計測する計測手段17と、この計測手段17によって計測された周期などに基づいてインクジェットヘッド100の吐出異常を判定する判定手段20とを備えている。吐出異常検出手段10では、残留振動検出手段

16 は、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動に基づいて、
発振回路 11 が発振し、その発振周波数から F/V 変換回路 12 及び波形整
形回路 15 において振動波形を形成して、検出する。そして、計測手段 17
は、検出された振動波形に基づいて残留振動の周期などを計測し、判定手段
5 20 は、計測された残留振動の周期など（残留振動の振動パターン）に基づ
いて、ヘッドユニット 35 内のインクジェットヘッド 100 の吐出異常を検
出、判定する。以下、吐出異常検出手段 10 の各構成要素について説明する
。

まず、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動の周波数（振
10 動数）を検出するために、発振回路 11 を用いる方法を説明する。図 17 は
、図 3 の静電アクチュエータ 120 を平行平板コンデンサとした場合の概念
図であり、図 18 は、図 3 の静電アクチュエータ 120 から構成されるコン
デンサを含む発振回路 11 の回路図である。なお、図 18 に示す発振回路 1
15 1 は、シュミットトリガのヒステリシス特性を利用する CR 発振回路である
が、本発明はこのような CR 発振回路に限定されず、アクチュエータ（振動
板を含む）の静電容量成分（コンデンサ C）を用いる発振回路であればどの
ような発振回路でもよい。発振回路 11 は、例えば、LC 発振回路を利用した
構成としてもよい。また、本実施形態では、シュミットトリガインバータ
20 を用いた例を示して説明しているが、例えば、インバータを 3 段用いた CR
発振回路を構成してもよい。

図 3 に示すインクジェットヘッド 100 では、上述のように、振動板 12
1 と非常にわずかな間隔（空隙）を隔てたセグメント電極 122 とが対向電
極を形成する静電アクチュエータ 120 を構成している。この静電アクチュ
エータ 120 は、図 17 に示すような平行平板コンデンサと考えることができる。
25 このコンデンサの静電容量を C、振動板 121 及びセグメント電極 1
22 のそれぞれの表面積を S、2 つの電極 121、122 の距離（ギャップ
長）を g、両電極に挟まれた空間（空隙）の誘電率を ϵ （真空の誘電率を ϵ_0
、空隙の比誘電率を ϵ_r とすると、 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ）とすると、図 17 に
示すコンデンサ（静電アクチュエータ 120）の静電容量 C (x) は、次式

で表される。

【数2】

$$C(x) = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \frac{S}{g - x} \quad (F) \quad (4)$$

なお、式(4)のxは、図17に示すように、振動板121の残留振動によって生じる振動板121の基準位置からの変位量を示している。

5 この式(4)から分かるように、ギャップ長g(ギャップ長g - 変位量x)が小さくなれば、静電容量C(x)は大きくなり、逆にギャップ長g(ギャップ長g - 変位量x)が大きくなれば、静電容量C(x)は小さくなる。このように、静電容量C(x)は、(ギャップ長g - 変位量x)(xが0の場合は、ギャップ長g)に反比例している。なお、図3に示す静電アクチュエータ120では、空隙は空気で満たされているので、比誘電率 $\varepsilon_r = 1$ である。

10 また、一般に、液滴吐出装置(本実施形態では、インクジェットプリンタ1)の解像度が高まるにつれて、吐出されるインク滴(インクドット)が微小化されるので、この静電アクチュエータ120は、高密度化、小型化される。それによって、インクジェットヘッド100の振動板121の表面積Sが小さくなり、小さな静電アクチュエータ120が構成される。さらに、インク滴吐出による残留振動によって変化する静電アクチュエータ120のギャップ長gは、初期ギャップ g_0 の1割程度となるため、式(4)から分かるように、静電アクチュエータ120の静電容量の変化量は非常に小さな値となる。

15 この静電アクチュエータ120の静電容量の変化量(残留振動の振動パターンにより異なる)を検出するために、以下のような方法、すなわち、静電アクチュエータ120の静電容量に基づいた図18のような発振回路を構成し、発振された信号に基づいて残留振動の周波数(周期)を解析する方法を用いる。図18に示す発振回路11は、静電アクチュエータ120から構成

されるコンデンサ（C）と、シュミットトリガインバータ111と、抵抗素子（R）112とから構成される。

シュミットトリガインバータ111の出力信号がHighレベルの場合、抵抗素子112を介してコンデンサCを充電する。コンデンサCの充電電圧

5 （振動板121とセグメント電極122との間の電位差）が、シュミットトリガインバータ111の入力スレッショルド電圧 $V_T +$ に達すると、シュミットトリガインバータ111の出力信号がLowレベルに反転する。そして、シュミットトリガインバータ111の出力信号がLowレベルとなると、抵抗素子112を介してコンデンサCに充電されていた電荷が放電される。

10 この放電によりコンデンサCの電圧がシュミットトリガインバータ111の入力スレッショルド電圧 $V_T -$ に達すると、シュミットトリガインバータ111の出力信号が再びHighレベルに反転する。以降、この発振動作が繰り返される。

ここで、上述のそれぞれの現象（気泡混入、乾燥、紙粉付着、及び正常吐出）におけるコンデンサCの静電容量の時間変化を検出するためには、この発振回路11による発振周波数は、残留振動の周波数が最も高い気泡混入時（図10参照）の周波数を検出することができる発振周波数に設定される必要がある。そのため、発振回路11の発振周波数は、例えば、検出する残留振動の周波数の数倍から数十倍以上、すなわち、気泡混入時の周波数よりもおよそ1桁以上高い周波数となるようにしなければならない。この場合、好ましくは、気泡混入時の残留振動の周波数が正常吐出の場合と比較して高い周波数を示すため、気泡混入時の残留振動周波数が検知可能な発振周波数に設定するとよい。そうしなければ、吐出異常の現象に対して正確な残留振動の周波数を検出することができない。そのため、本実施形態では、発振周波数に応じて、発振回路11のCRの時定数を設定している。このように、発振回路11の発振周波数を高く設定することにより、この発振周波数の微小変化に基づいて、より正確な残留振動波形を検出することができる。

なお、発振回路11から出力される発振信号の発振周波数の周期（パルス）毎に、測定用のカウントパルス（カウンタ）を用いてそのパルスをカウン

トし、初期ギャップ g_0 におけるコンデンサCの静電容量で発振させた場合の発振周波数のパルスのカウント量を測定したカウント量から減算することにより、残留振動波形について発振周波数毎のデジタル情報が得られる。これら5のデジタル情報に基づいて、デジタル／アナログ（D／A）変換を行うことにより、概略的な残留振動波形が生成され得る。このような方法を用いてもよいが、測定用のカウントパルス（カウンタ）には、発振周波数の微小変化を測定することができる高い周波数（高解像度）のものが必要となる。このようなカウントパルス（カウンタ）は、コストをアップさせるため、本発明の吐出異常検出手段10では、図19に示すF／V変換回路12を用いている。
10

図19は、図16に示す吐出異常検出手段10のF／V変換回路12の回路図である。この図19に示すように、F／V変換回路12は、3つのスイッチSW1、SW2、SW3と、2つのコンデンサC1、C2と、抵抗素子R1と、定電流Isを出力する定電流源13と、バッファ14とから構成される。このF／V変換回路12の動作を図20のタイミングチャート及び図21のグラフを用いて説明する。

まず、図20のタイミングチャートに示す充電信号、ホールド信号及びクリア信号の生成方法について説明する。充電信号は、発振回路11の発振パルスの立ち上がりエッジから固定時間trを設定し、その固定時間trの間20Hightレベルとなるようにして生成される。ホールド信号は、充電信号の立ち上がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけHightレベルに保持され、Lowレベルに立ち下がるようにして生成される。クリア信号は、ホールド信号の立ち下がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけHightレベルに保持され、Lowレベルに立ち下がるようにして生成される。なお、後述するように、コンデンサC1からコンデンサC2への電荷の移動及びコンデンサC1の放電は瞬時に行われる所以、ホールド信号及びクリア信号のパルスは、発振回路11の出力信号の次の立ち上がりエッジまでにそれぞれ1つのパルスが含まれればよく、上記のような立ち上がりエッジ、立ち下がりエッジに限定されない。
25

きれいな残留振動の波形（電圧波形）を得るために、図21を参照して、固定時間 t_r 及び t_1 の設定方法を説明する。固定時間 t_r は、静電アクチュエータ120が初期ギャップ長 g_0 のときにおける静電容量Cで発振した発振パルスの周期から調整され、充電時間 t_1 による充電電位が C_1 の充電範囲のおよそ $1/2$ 付近となるように設定される。また、ギャップ長 g が最大（Max）の位置における充電時間 t_2 から最小（Min）の位置における充電時間 t_3 の間で、コンデンサ C_1 の充電範囲を超えないように充電電位の傾きが設定される。すなわち、充電電位の傾きは、 $dV/dt = I_s/C_1$ によって決定されるため、定電流源13の出力定電流 I_s を適当な値に設定すればよい。この定電流源13の出力定電流 I_s をその範囲内でできるだけ高く設定することによって、静電アクチュエータ120によって構成されるコンデンサの微小な静電容量の変化を高感度で検出することができ、静電アクチュエータ120の振動板121の微小な変化を検出することが可能となる。

次いで、図22を参照して、図16に示す波形整形回路15の構成を説明する。図22は、図16の波形整形回路15の回路構成を示す回路図である。この波形整形回路15は、残留振動波形を矩形波として判定手段20に出力するものである。この図22に示すように、波形整形回路15は、2つのコンデンサ C_3 （DC成分除去手段）、 C_4 と、2つの抵抗素子 R_2 、 R_3 と、2つの直流電圧源 V_{ref1} 、 V_{ref2} と、增幅器（オペアンプ）151と、比較器（コンパレータ）152とから構成される。なお、残留振動波形の波形整形処理において、検出される波高値をそのまま出力して、残留振動波形の振幅を計測するように構成してもよい。

F/V 変換回路12のバッファ14の出力には、静電アクチュエータ120の初期ギャップ g_0 に基づくDC成分（直流成分）の静電容量成分が含まれている。この直流成分は各インクジェットヘッド100によりばらつきがあるため、コンデンサ C_3 は、この静電容量の直流成分を除去するものである。そして、コンデンサ C_3 は、バッファ14の出力信号におけるDC成分を除去し、残留振動のAC成分のみをオペアンプ151の反転入力端子に出

力する。

オペアンプ 151 は、直流成分が除去された F/V 変換回路 12 のバッファ 14 の出力信号を反転増幅するとともに、その出力信号の高域を除去するためのローパスフィルタを構成している。なお、このオペアンプ 151 は、
5 単電源回路を想定している。オペアンプ 151 は、2 つの抵抗素子 R2、R
3 による反転増幅器を構成し、入力された残留振動（交流成分）は、 $-R_3$
 $/ R_2$ 倍に振幅される。

また、オペアンプ 151 の単電源動作のために、その非反転入力端子に接続された直流電圧源 Vref1 によって設定された電位を中心に振動する、
10 増幅された振動板 121 の残留振動波形が出力される。ここで、直流電圧源
Vref1 は、オペアンプ 151 が単電源で動作可能な電圧範囲の 1/2 程度に設定されている。さらに、このオペアンプ 151 は、2 つのコンデンサ
C3、C4 により、カットオフ周波数 $1 / (2\pi \times C4 \times R3)$ となるローパスフィルタを構成している。そして、直流成分を除去された後に増幅された振動板 121 の残留振動波形は、図 20 のタイミングチャートに示すように、次段の比較器（コンパレータ）152 でもう一つの直流電圧源 Vref2 の電位と比較され、その比較結果が矩形波として波形整形回路 15 から出力される。なお、直流電圧源 Vref2 は、もう一つの直流電圧源 Vref1 を共用してもよい。
15

20 次に、図 20 に示すタイミングチャートを参照して、図 19 の F/V 変換回路 12 及び波形整形回路 15 の動作を説明する。上述のように生成された充電信号、クリア信号及びホールド信号に基づいて、図 19 に示す F/V 変換回路 12 は動作する。図 20 のタイミングチャートにおいて、静電アクチュエータ 120 の駆動信号がヘッドドライバ 33 を介してヘッドユニット 3
25 5 のインクジェットヘッド 100 に入力されると、図 6 (b) に示すように、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 がセグメント電極 122 側に引きつけられ、この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、図 6 中上方に向けて急激に収縮する（図 6 (c) 参照）。

この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動回路 18 と吐出異常検

出手段 10 とを切り替える駆動／検出切替信号が H i g h レベルとなる。この駆動／検出切替信号は、対応するインクジェットヘッド 100 の駆動休止期間中、H i g h レベルに保持され、次の駆動信号が入力される前に、L o w レベルになる。この駆動／検出切替信号が H i g h レベルの間、図 18 の 5 発振回路 11 は、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動に対応して発振周波数を変えながら発振している。

上述のように、駆動信号の立ち下がりエッジ、すなわち、発振回路 11 の出力信号の立ち上がりエッジから、残留振動の波形がコンデンサ C 1 に充電可能な範囲を超えないように予め設定された固定時間 t_r だけ経過するまで 10 、充電信号は、H i g h レベルに保持される。なお、充電信号が H i g h レベルである間、スイッチ SW 1 はオフの状態である。

固定時間 t_r が経過し、充電信号が L o w レベルになると、その充電信号の立ち下がりエッジに同期して、スイッチ SW 1 がオンされる（図 19 参照）。そして、定電流源 13 とコンデンサ C 1 とが接続され、コンデンサ C 1 は、上述のように、傾き I_s / C_1 で充電される。充電信号が L o w レベル 15 である期間、すなわち、発振回路 11 の出力信号の次のパルスの立ち上がりエッジに同期して H i g h レベルになるまでの間、コンデンサ C 1 は充電される。

充電信号が H i g h レベルになると、スイッチ SW 1 はオフ（オープン） 20 となり、定電流源 13 とコンデンサ C 1 は切り離される。このとき、コンデンサ C 1 には、充電信号が L o w レベルの期間 t_1 の間に充電された電位（すなわち、理想的には $I_s \times t_1 / C_1$ (V) ）が保存されている。この状態で、ホールド信号が H i g h レベルになると、スイッチ SW 2 がオンされ（図 19 参照）、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 が、抵抗素子 R 1 を介して接続される。スイッチ SW 2 の接続後、2つのコンデンサ C 1 、C 2 の充電電位差によって互いに充放電が行われ、2つのコンデンサ C 1 、C 2 の電位差が概ね等しくなるように、コンデンサ C 1 からコンデンサ C 2 に電荷が移動する。

ここで、コンデンサ C 1 の静電容量に対してコンデンサ C 2 の静電容量は

- 、約1／10以下程度に設定されている。そのため、2つのコンデンサC1、C2間の電位差によって生じる充放電で移動する（使用される）電荷量は、コンデンサC1に充電されている電荷の1／10以下となる。したがって、コンデンサC1からコンデンサC2へ電荷が移動した後においても、コンデンサC1の電位差は、それほど変化しない（それほど下がらない）。なお、図19のF／V変換回路12では、コンデンサC2に充電されるときF／V変換回路12の配線のインダクタンス等により充電電位が急激に跳ね上がらないようするために、抵抗素子R1とコンデンサC2により一次のローパスフィルタを構成している。
- コンデンサC2にコンデンサC1の充電電位と概ね等しい充電電位が保持された後、ホールド信号がLowレベルとなり、コンデンサC1はコンデンサC2から切り離される。さらに、クリア信号がHighレベルとなり、スイッチSW3がオンすることにより、コンデンサC1がグラウンドGNDに接続され、コンデンサC1に充電されていた電荷が0となるように放電動作が行なわれる。コンデンサC1の放電後、クリア信号はLowレベルとなり、スイッチSW3がオフすることにより、コンデンサC1の図19中上部の電極がグラウンドGNDから切り離され、次の充電信号が入力されるまで、すなわち、充電信号がLowレベルになるまで待機している。
- コンデンサC2に保持されている電位は、充電信号の立ち上がりのタイミング毎、すなわち、コンデンサC2への充電完了のタイミング毎に更新され、バッファ14を介して振動板121の残留振動波形として図22の波形整形回路15に出力される。したがって、発振回路11の発振周波数が高くなるように静電アクチュエータ120の静電容量（この場合、残留振動による静電容量の変動幅も考慮しなければならない）と抵抗素子112の抵抗値を設定すれば、図20のタイミングチャートに示すコンデンサC2の電位（バッファ14の出力）の各ステップ（段差）がより詳細になるので、振動板121の残留振動による静電容量の時間的な変化をより詳細に検出することが可能となる。

以下同様に、充電信号がLowレベル→Highレベル→Lowレベル・

・・と繰り返し、上記所定のタイミングでコンデンサC2に保持されている電位がバッファ14を介して波形整形回路15に出力される。波形整形回路15では、バッファ14から入力された電圧信号（図20のタイミングチャートにおいて、コンデンサC2の電位）の直流成分がコンデンサC3によって除去され、抵抗素子R2を介してオペアンプ151の反転入力端子に入力される。入力された残留振動の交流（AC）成分は、このオペアンプ151によって反転増幅され、コンパレータ152の一方の入力端子に出力される。コンパレータ152は、予め直流電圧源Vref2によって設定されている電位（基準電圧）と、残留振動波形（交流成分）の電位とを比較し、矩形波を出力する（図20のタイミングチャートにおける比較回路の出力）。

次に、インクジェットヘッド100のインク滴吐出動作（駆動）と吐出異常検出動作（駆動休止）との切り替えタイミングについて説明する。図23は、駆動回路18と吐出異常検出手段10との切替手段23の概略を示すブロック図である。なお、この図23では、図16に示すヘッドドライバ33内の駆動回路18をインクジェットヘッド100の駆動回路として説明する。図20のタイミングチャートでも示したように、本発明の吐出異常検出処理は、インクジェットヘッド100の駆動信号と駆動信号の間、すなわち、駆動休止期間に実行されている。

図23において、静電アクチュエータ120を駆動するために、切替手段23は、最初は駆動回路18側に接続されている。上述のように、駆動回路18から駆動信号（電圧信号）が振動板121に入力されると、静電アクチュエータ120が駆動し、振動板121は、セグメント電極122側に引きつけられ、印加電圧が0になるとセグメント電極122から離れる方向に急激に変位して振動（残留振動）を開始する。このとき、インクジェットヘッド100のノズル110からインク滴が吐出される。

駆動信号のパルスが立ち下がると、その立ち下がりエッジに同期して駆動／検出切替信号（図20のタイミングチャート参照）が切替手段23に入力され、切替手段23は、駆動回路18から吐出異常検出手段（検出回路）10側に切り替えられ、静電アクチュエータ120（発振回路11のコンデン

サとして利用)は吐出異常検出手段10と接続される。

そして、吐出異常検出手段10は、上述のような吐出異常(ドット抜け)の検出処理を実行し、波形整形回路15の比較器152から出力される振動板121の残留振動波形データ(矩形波データ)を計測手段17によって残留振動波形の周期や振幅などに数値化する。本実施形態では、計測手段17は、残留振動波形データから特定の振動周期を測定し、その計測結果(数値)を判定手段20に出力する。なお、計測手段17は、残留振動の周期だけでなく、残留振動波形の所定の期間、例えば、駆動信号の立ち下がり(あるいは駆動/検出切替信号の立ち上がり)から残留振動が発生するまでの期間10、残留振動発生後の最初の半周期(あるいは、半周期毎)、残留振動発生後の最初の1周期(あるいは、1周期毎)などを計測してもよい。また、計測手段17は、最初の立ち上がりエッジから次の立ち下がりエッジまでの時間を計測し、その計測された時間(すなわち、半周期)の2倍の時間を残留振動の周期として判定手段20に出力してもよい。

15 図24は、計測手段17の一例を示すブロック図である。計測手段17は、比較器152の出力信号の波形(矩形波)の最初の立ち上がりエッジまでの期間や最初の立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまでの時間(残留振動の周期)を計測するために、減算カウンタ45を用いて基準パルスを減算カウントし、その減算結果から残留振動の所定の期間を計測している。
20 この図24において、計測手段17は、論理積回路ANDと、減算カウンタ45と、正常カウント値メモリ46とから構成される。なお、基準パルスは、図示しないパルス生成手段により生成される。

25 図24に示すように、論理積回路ANDは、駆動/検出切替信号と基準パルスとの論理積を減算カウンタ45に出力する。すなわち、駆動/検出切替信号がHighレベルであるとき、基準パルスが減算カウンタ45に出力される。減算カウンタ45は、正常カウント値メモリ46から所定のカウント値を入力されると、それを保持する。そして、基準パルスが入力されると、減算カウンタ45は、所定の時間、その所定のカウント値から基準パルスのパルス数を減算する。なお、所定の時間とは、例えば、インクジェットヘッ

ド 1 0 0 から正常にインク滴が吐出された場合に振動板 1 2 1 の残留振動が発生するまでの時間、正常吐出時の残留振動の半周期、正常吐出時の残留振動の 1 周期などである。また、正常カウント値メモリ 4 6 に記憶されている所定のカウント値としては、正常吐出時における上述の所定の時間に基準パルスでカウントされたパルス数である。

減算カウンタ 4 5 は、図 2 5 のタイミングチャートに示すように、L o a d 信号の入力のタイミングで正常カウント値メモリ 4 6 から所定のカウント値（正常カウント値）を取得し、駆動／検出切替信号がH i g h レベルの間、ゲートを開いて、基準パルスを受け、それを正常カウント値から減算する。そして、減算カウンタ 4 5 は、その減算結果を判定手段 2 0 に出力する。

タイミング生成手段 3 6 は、残留振動検出手段 1 6 から入力される残留振動波形に基づいて、L s 信号を生成し、このL s 信号を記憶手段 6 2 に出力する。なお、各インクジェットヘッド 1 0 0 に対応するL s 信号は、静電アクチュエータ 1 2 0 の吐出駆動後、隨時検出される残留振動波形の立ち上がりエッジ又は立ち下がりエッジに同期して生成されるものであり、このエッジの任意の期間を基準パルスでカウントし、判定結果をL s 信号のタイミングとして記憶するように構成してもよい。

判定手段 2 0 は、減算カウンタ 4 5 の減算処理により得られた減算結果を比較基準値メモリ 4 7 から入力される所定の基準値と比較する。そして、H i g h レベルのL s 信号の入力のタイミング（L s 信号がH i g h レベルになるタイミング）で、判定手段 2 0 の判定結果が保持され、その判定結果は、記憶手段 6 2 に出力される。なお、所定の基準値としては、いくつかの基準値（閾値）が設けられ、判定結果をこのいくつかの基準値とそれぞれ比較することにより、上述した吐出異常（気泡混入、紙粉付着及び乾燥増粘）を検出し、判定することができる。詳細については後述する。

なお、正常カウントとメモリ 4 6 及び比較基準値メモリ 4 7 は、それぞれ別々のメモリとしてインクジェットプリンタ 1 に設けられてもよく、制御部 6 のE E P R O M （記憶手段） 6 2 と共に用されてもよい。また、このような減算カウント処理は、インクジェットプリンタ 1 の静電アクチュエータ 1 2

0が駆動していない駆動休止期間に行われる。これにより、インクジェットプリンタ1のスループットを低下させることなく、吐出異常の検出を行うことができる。

判定手段20は、計測手段17によって計測された残留振動波形の特定の振動周期など（計測結果）に基づいて、ノズルの吐出異常の有無、吐出異常の原因、比較偏差量などを判定し、その判定結果を制御部6に出力する。制御部6は、EEPROM（記憶手段）62の所定の格納領域にこの判定結果を保存する。そして、駆動回路18からの次の駆動信号が入力されるタイミングで、駆動／検出切替信号が切替手段23に再び入力され、駆動回路18と静電アクチュエータ120とを接続する。駆動回路18は、一旦駆動電圧を印加するとグラウンド（GND）レベルを維持するので、切替手段23によって上記のような切り替えを行っている（図20のタイミングチャート参照）。これにより、駆動回路18からの外乱などに影響されることなく、静電アクチュエータ120の振動板121の残留振動波形を正確に検出することができる。

なお、本発明では、残留振動波形データは、比較器152により矩形波化したものに限定されない。上述の図24の構成のように、オペアンプ151から出力された残留振動振幅データは、比較器152により比較処理を行うことなく、A/D変換を行う計測手段17によって随時数値化され、その数値化されたデータに基づいて、判定手段20により吐出異常の有無などを判定し、この判定結果を記憶手段62に記憶するように構成してもよい。

また、ノズル110のメニスカス（ノズル110内インクが大気と接する面）は、振動板121の残留振動に同期して振動するため、インクジェットヘッド100は、インク滴の吐出動作後、このメニスカスの残留振動が音響抵抗 r によって概ね決まった時間で減衰するのを待ってから（所定の時間待機して）、次の吐出動作を行っている。本発明では、この待機時間を有効に利用して振動板121の残留振動を検出しているので、インクジェットヘッド100の駆動に影響しない吐出異常検出を行うことができる。すなわち、インクジェットプリンタ1（液滴吐出装置）のスループットを低下させるこ

となく、インクジェットヘッド 100 のノズル 110 の吐出異常検出処理を実行することができる。

上述のように、インクジェットヘッド 100 のキャビティ 141 内に気泡が混入した場合には、正常吐出時の振動板 121 の残留振動波形に比べて、周波数が高くなるので、その周期は逆に正常吐出時の残留振動の周期よりも短くなる。また、ノズル 110 付近のインクが乾燥により増粘、固着した場合には、残留振動が過減衰となり、正常吐出時の残留振動波形に比べて、周波数が相当低くなるので、その周期は正常吐出時の残留振動の周期よりもかなり長くなる。また、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着した場合には、
10 残留振動の周波数は、正常吐出時の残留振動の周波数よりも低く、しかし、インクの乾燥時の残留振動の周波数よりも高くなるので、その周期は、正常吐出時の残留振動の周期よりも長く、インク乾燥時の残留振動の周期よりも短くなる。

したがって、正常吐出時の残留振動の周期として、所定の範囲 T_r を設け
15 、また、ノズル 110 出口に紙粉が付着した場合における残留振動の周期と、ノズル 110 の出口付近でインクが乾燥した場合における残留振動の周期とを区別するために、所定のしきい値（所定の閾値） T_1 を設定することにより、このようなインクジェットヘッド 100 の吐出異常の原因を決定する
20 ことができる。判定手段 20 は、上記吐出異常検出処理によって検出された残留振動波形の周期 T_w が所定の範囲の周期であるか否か、また、所定のしきい値よりも長いか否かを判定し、それによって、吐出異常の原因を判定している。

次に、図 25 のタイミングチャートを参照して、本発明の吐出異常検出手段 10 の動作について説明する。まず、図 24 及び図 25 に示す L_{oad} 信号、 L_s 信号及び $C L R$ 信号の生成方法について説明する。図 25 のタイミングチャートに示すように、 L_{oad} 信号は、駆動回路 18 から出力される駆動信号の立ち上がりエッジの直前に短時間だけ $H i g h$ レベルとなる信号であり、 L_s 信号は、切替手段 23 及び論理積回路 AND に入力される駆動／検出切替信号の立ち下がりエッジに同期して所定の時間（記憶手段 62 に

判定結果を保存するのに十分な時間) H i g h レベルになる信号である。また、図 2 5 のタイミングチャートでは示していないが、 C L R 信号は、減算処理により減算カウンタ 4 5 に保持されている減算結果をクリアするための信号であり、 L s 信号の出力後、 L o a d 信号の入力されるまでの間の所定 5 のタイミングで減算カウンタ 4 5 に入力されるものである。

このように生成された信号群に基づいて、吐出異常検出手段 1 0 は動作する。駆動回路 1 8 から出力される駆動信号の立ち上がりエッジの直前に L o a d 信号が減算カウンタ 4 5 に入力されると、そのタイミングで正常カウント値メモリ 4 6 から正常カウント値が減算カウンタ 4 5 に入力され、保持される。インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出駆動動作（駆動期間）が終了すると、駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動／検出切替信号が切替手段 2 3 及び論理積回路 A N D に入力される。そして、この駆動／検出切替信号により、切替手段 2 3 は、静電アクチュエータ 1 2 0 との接続を駆動回路 1 8 から発振回路 1 1 に切り替える（図 2 3 参照）。

15 振動板 1 2 1 の残留振動により発振回路 1 1 の静電容量成分（C）が変化し、それに基づいて、発振回路 1 1 が発振を開始する。減算カウンタ 4 5 は、駆動／検出切替信号の立ち上がりに同期してゲートを開き（なお、論理積回路 A N D により駆動／検出切替信号が H i g h レベルのときでなければ基準パルスが減算カウンタ 4 5 には入力されないので、ゲートは開いたままでよい）、駆動／検出切替信号が H i g h レベルの間（T s の間）正常カウント値から基準パルスのパルス数を減算処理する。この T s は、正常吐出時の振動板 1 2 1 が残留振動を開始するまで（残留振動が発生するまで）の時間であり、インクジェットヘッド 1 0 0 がインク滴を吐出動作後、静電アクチュエータ 1 2 0 が駆動されていない状態における振動板 1 2 1 の位置に戻ってくるまでの時間である。

この図 2 5 のタイミングチャートでは、駆動回路 1 8 と吐出異常検出手段 1 0 とを切り替えた後、振動板の残留振動が発生するまでの期間の正常カウント値に基づいて、吐出異常の判定を行っている。したがって、残留振動が発生するタイミング（振動板 1 2 1 が初期状態の位置に戻ったタイミング）

で駆動／検出切替信号が L o w レベルに立ち下がるとともに、 L s 信号が発生し、減算カウンタ 4 5 の減算結果に基づいて、判定手段 2 0 が所定の判定を行った判定結果が記憶手段 6 2 に保持（保存）される。なお、この図 2 5 における基準値 N 1 、 N 2 及び P 1 は、図 2 8 の表 1 に示すように、所定の
5 閾値であり、これらの閾値と減算結果（減算カウント値）との大小に基づいて、吐出異常の原因が判定される。

次に、振動板 1 2 1 の減衰振動が発生するまでの期間に基づいて、吐出異常を検出する場合における吐出異常検出処理を説明する。図 2 6 は、本発明の一実施形態における液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理を示すフローチャートである。印刷される印字データ（フラッシング動作における吐出データでもよい）がホストコンピュータ 8 からインターフェース（ I F ） 9 を介して制御部 6 に入力されると、所定のタイミングでこの吐出異常検出処理が実行される。なお、説明の都合上、この図 2 4 に示すフローチャートでは、 1 つのインクジェットヘッド 1 0 0 、すなわち、 1 つのノズル 1 1 0 の吐出動作に対応する吐出異常検出処理を示す。
10
15

まず、駆動信号の入力直前のタイミング（このタイミングに限らない）で L o a d 信号が減算カウンタ 4 5 に入力され、正常カウント値メモリ 4 6 から正常カウント値が入力（プリセット）される（ステップ S 1 0 1 ）。そして、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ 3 3 の駆動回路 1 8 から入力され、それにより、図 2 0 又は図 2 5 のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ 1 2 0 の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップ S 1 0 2 ）。そして、制御部 6 は、駆動信号（電圧信号）の静電アクチュエータ 1 2 0 への入力が終了したか否かを判断し（ステップ S 1 0 3 ）、駆動信号の入力が終了すると、駆動／検出切替信号が、制御部 6 から切替手段 2 3 に入力される。
20
25

駆動／検出切替信号が切替手段 2 3 に入力されると、切替手段 2 3 によって、静電アクチュエータ 1 2 0 、すなわち、発振回路 1 1 を構成するコンデンサは、駆動回路 1 8 から切り離され、吐出異常検出手段 1 0 （検出回路）

側、すなわち、発振回路 1 1 に接続される（ステップ S 1 0 4）。そして、静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量に基づいて、発振回路 1 1 を構成し、発振回路 1 1 から発振パルスが出力されることにより、振動板 1 2 1 の残留振動が検出される（ステップ S 1 0 5）。それとともに、基準パルスが出力され（ステップ S 1 0 6）、減算カウンタ 4 5 に入力される。減算カウンタ 4 5 は、減算カウンタ 4 5 は、比較基準値メモリ 4 7 から入力された比較基準値から基準パルスを減算カウントする（ステップ S 1 0 7）。

そして、ステップ S 1 0 8において、制御部 6 は、タイミング生成手段 3 6 によって L s 信号が生成されたか否か、すなわち、時間が T s だけ経過したか否かを判断する。減算カウンタ 4 5 は、L s 信号が発生するまで減算処理を実行し、L s 信号が発生すると、その減算処理により得られた減算結果は、判定手段 2 0 に出力される。判定手段 2 0 は、その減算結果が正常範囲であるか否かを判断する（ステップ S 1 0 9）。

そして、減算結果が正常範囲内にある場合、判定手段 2 0 は、正常に吐出されたと判定し（ステップ S 1 1 0）、逆に、正常範囲内にない場合には、そのインクジェットヘッド 1 0 0 は吐出異常である（不具合ノズル 1 1 0 である）と判定する（ステップ S 1 1 1）。そして、この判定手段 2 0 による判定結果を記憶手段 6 2 に記憶（保持）し（ステップ S 1 1 2）、駆動／検出切替信号に基づいて、静電アクチュエータ 1 2 0 との接続を発振回路 1 1 から駆動回路 1 8 に切り替えて、発振回路 1 1 の発振を停止する（ステップ S 1 1 3）。

ステップ S 1 1 4 において、そのインクジェットヘッド 1 0 0 による吐出駆動処理が終了したか否かが判断され、終了していないと判断された場合には、次の駆動信号が入力されるまで、このステップ S 1 1 4 で待機している。また、終了したと判断された場合には、発生していた基準パルスを停止して（ステップ S 1 1 5）、この吐出異常検出処理を終了する。

このように、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理では、比較基準値から基準パルスを減算し、その減算結果を所定の基準値と比較することにより、インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常の有無及び吐出異常がある場合

にはその原因を簡単な構成で検出することができる。

次に、本発明の残留振動検出処理について説明する。図27は、本発明の残留振動検出処理を示すフローチャートである。上述のように、切替手段23によって、静電アクチュエータ120と発振回路11とを接続すると、発振回路11は、CR発振回路を構成し、静電アクチュエータ120の静電容量の変化（静電アクチュエータ120の振動板121の残留振動）に基づいて、発振する（ステップS201）。

上述のタイミングチャート（図20又は図25参照）などに示すように、発振回路11の出力信号（パルス信号）に基づいて、F/V変換回路12において、充電信号、ホールド信号及びクリア信号が生成され、これらの信号に基づいてF/V変換回路12によって発振回路11の出力信号の周波数から電圧に変換するF/V変換処理が行われ（ステップS202）、F/V変換回路12から振動板121の残留振動波形データが outputされる。F/V変換回路12から出力された残留振動波形データは、波形整形回路15のコンデンサC3により、DC成分（直流成分）が除去され（ステップS203）、オペアンプ151により、DC成分が除去された残留振動波形（AC成分）が増幅される（ステップS204）。

増幅後の残留振動波形データは、所定の処理により波形整形され、パルス化される（ステップS205）。すなわち、本実施形態では、比較器152において、直流電圧源Vref2によって設定された電圧値（所定の電圧値）とオペアンプ151の出力電圧とが比較される。比較器152は、この比較結果に基づいて、2値化された波形（矩形波）を出力する。この比較器152の出力信号は、残留振動検出手段16の出力信号であり、所定の吐出異常判定処理を行うために、計測手段17に出力され、この残留振動検出処理が終了する。

次に、本発明のもう一つの実施形態における計測手段17について説明する。ここでは、正常吐出時の半周期毎の期間に基づいて、吐出異常を検出する場合について説明する。図29は、計測手段17の他の例を示すブロック図である。なお、図24と異なる構成のみを説明することとし、図24のブ

ロック図と同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

この計測手段 17 は、論理積回路 AND と、減算カウンタ 45 と、複数の正常カウント値メモリ 46a～46n を有する正常カウント値メモリ 46 とから構成される。なお、図 29 では、この正常カウント値メモリを切り替える第 1 のセレクタ 48a と、第 1 比較基準値メモリ 47a と、第 1 判定手段 20a と、複数の記憶手段 62a～62n を有する記憶手段 62 と、記憶手段 62 を切り替える第 2 のセレクタ 48b と、第 2 比較基準値メモリ 47b と、第 2 判定手段 20b とについても示している。

第 1 のセレクタ 48a は、正常吐出時の残留振動の所定のタイミングに基づいて、減算カウンタ 45 に入力する正常カウント値を切り替えるものであり、第 2 のセレクタ 48b は、第 1 のセレクタ 48a によって選択された正常カウント値メモリ 46a～46n に対応して、第 1 判定手段 20a（上記例の判定手段 20 と同じ構成である）の判定結果を保存する記憶手段 62 を切り替えるものである。

第 2 判定手段 20b は、図 33 の表 2 に示すような複数の記憶手段 62a～62n に記憶（保存）されている判定結果に基づいて、インクジェットヘッド 100 の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を最終的に判定するものである。なお、図 33 の表 2 に示すような数列が第 2 比較基準値メモリ 47b に格納されており、それらは所定のタイミングで第 2 判定手段 20b に出力される。

図 30 は、インクジェットヘッド 100 に吐出異常が発生している場合と正常吐出の場合における残留振動波形を示す図である。この図 30 に示すように、各状態において残留振動が発生するまでの期間 T s が正常吐出時に比べて、短ければ気泡混入、長ければ紙粉付着又は乾燥増粘と吐出異常の原因を特定することができる。また、残留振動の最初の半周期を比べた場合においても、同様の結果が得られる。本発明では、より正確に吐出異常の原因を特定（検出）するために、残留振動の発生までの時間 T s での判定結果よりも、残留振動の周期での判定結果を優先させてもよい。

次に、図31のタイミングチャートを参照して、本実施形態の吐出異常検出手段10の動作を説明する。図31は、図29に示す減算カウンタ45の減算処理のタイミングチャート（半周期毎）である。カウント期間指示信号が0のとき、駆動信号の直前に最初のLoad信号が入力され、正常カウント値1が減算カウンタ45に入力される。減算カウンタ45は、駆動信号の立ち下がりエッジに同期してゲートを開き、減算処理を開始する。残留振動の発生時（すなわち、振動板121が最初に定常位置に戻ったとき）に、Ls信号が記憶手段62に入力され、それまでの減算結果を記憶手段62aに保存するとともに、CLR信号及びLoad信号が減算カウンタ45に入力され、今までの減算結果をクリアして、次の正常カウント値2を入力する。

以下同様に、減算処理を繰り返し、それぞれの正常カウント値からの減算結果を記憶手段62に記憶する。第2判定手段20bは、第2比較基準値47bから比較基準値（図33の表参照）を入力され、その比較基準値に基づいて、対応するインクジェットヘッド100の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を最終的に判定する。

次に、正常吐出時の残留振動の半周期毎の期間に基づいて、吐出異常を検出する場合における吐出異常検出処理を説明する。図32は、本発明の他の実施形態における液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理を示すフローチャートである。図26のフローチャートと同様に、印字データがインクジェットプリンタ1に入力されたときなどの所定のタイミングで吐出異常検出処理が実行される。

まず、駆動信号の入力直前のタイミング（このタイミングに限らない）でLoad信号又は算カウンタ45に入力され、正常カウント値メモリ46から正常カウント値が入力（プリセット）される（ステップS301）。そして、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ33の駆動回路18から入力され、それにより、図31のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ120の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップS302）。そして、制御部6は、駆動信号（電圧信号）の静電アクチュエータ120への入力

が終了したか否かを判断し（ステップS 3 0 3）、駆動信号の入力が終了すると、駆動／検出切替信号が、制御部6から切替手段2 3に入力される。

駆動／検出切替信号が切替手段2 3に入力されると、切替手段2 3によって、静電アクチュエータ1 2 0、すなわち、発振回路1 1を構成するコンデンサは、駆動回路1 8から切り離され、吐出異常検出手段1 0（検出回路）側、すなわち、発振回路1 1に接続される（ステップS 3 0 4）。そして、静電アクチュエータ1 2 0の静電容量に基づいて、発振回路1 1を構成し、発振回路1 1から発振パルスが出力されることにより、振動板1 2 1の残留振動が検出される（ステップS 3 0 5）。それとともに、基準パルスが出力され（ステップS 3 0 6）、減算カウンタ4 5に入力される。減算カウンタ4 5は、第1の正常カウント値1から発振パルスを減算カウントする（ステップS 3 0 7）。予め設定されたカウント期間、この場合、切替手段2 3によって切り替えられてから減衰振動が発生するまでの期間が終了するまで減算カウント処理を実行し、カウント期間が終了すると、すなわち、L s信号が発生すると（ステップS 3 0 8）、判定処理に移行する。

ステップS 3 0 9において、第1判定手段2 0 aは、減算カウンタ4 5の減算結果が正常カウント数の範囲（すなわち、基準値N 1～P 1）にあるか否かを判定する。正常カウント数の範囲内にある場合、第1判定手段2 0 aは、正常に吐出されたと判定し（ステップS 3 1 0）、逆に、正常カウント数の範囲内にない場合には、そのインクジェットヘッド1 0 0は吐出異常である（不具合ノズル1 1 0である）と判定する（ステップS 3 1 1）。

そして、この第1判定手段2 0 aによる判定結果を第1の記憶手段6 2 aに記憶（保持）し（ステップS 3 1 2）、制御部6は、すべてのカウント期間について減算処理が終了したか否かを判断する（ステップS 3 1 3）。まだ残留振動の半周期毎の減算処理が実行されていないので、ステップS 3 1 4に移行して、カウント期間指示信号を1つインクリメントし（図3 1のタイミングチャート参照）、第2のセレクタ4 8 bによって次の記憶手段6 2 bを選択するとともに（ステップS 3 1 5）、第1のセレクタ4 8 aにより次の正常カウント値メモリ4 6 bを選択して、その正常カウント値2を減算

カウンタ45にプリセットする（ステップS316）。そして、ステップS307以降の処理を繰り返す。

ステップS313においてすべてのカウント期間について減算処理（第1の判定処理）が終了したと判断された場合には、駆動／検出切替信号に基づいて、静電アクチュエータ120との接続を発振回路11から駆動回路18に切り替えて、発振回路11の発振を停止し（ステップS317）、第2判定手段20bは、複数の記憶手段62a～62nに記憶されている第1判定結果と第2比較基準値とに基づいて、そのインクジェットヘッド100の吐出異常の判定処理を実行する（ステップS318）。そして、ステップS319において、そのインクジェットヘッド100による吐出駆動処理が終了したか否かが判断され、終了していると判断された場合には、発生していた基準パルスを停止して（ステップS320）、この吐出異常検出処理を終了する。また、まだ終了していないと判断された場合にはステップS301に移行して、同様の処理を繰り返す。

このように、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理では、複数のタイミングにおいて正常カウント値から基準パルスを減算し、それらの減算結果を所定の基準値と比較しているので、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理は、インクジェットヘッド100の吐出異常の有無及び吐出異常がある場合にはその原因を簡単な構成で、より正確に検出することができる。

以上のように、本発明の液滴吐出装置（インクジェットプリンタ1）は、振動板121と、振動板121を変位させる静電アクチュエータ120と、内部に液体（インク）が充填され、振動板121の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティ141と、キャビティ141に連通し、キャビティ141内の圧力の増減により液体を液滴として吐出するノズル110とを有する複数の液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド100）と、静電アクチュエータ120を駆動する駆動回路18と、基準パルスを発生させるパルス生成手段と、所定の期間内に発生する基準パルスをカウントするカウンタ（減算カウンタ45）と、所定の期間内のカウンタ45のカウント値に基づ

いて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段10とを備えることとした。

したがって、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法によって、従来のドット抜け検出方法（例えば、光学式検出方法など）を備える液滴吐出ヘッド、液滴吐出装置に比べ、吐出異常を検出するために他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、吐出異常（ドット抜け）検出を行うことができる液滴吐出装置の製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出装置では、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。したがって、印字動作中に本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法（吐出異常検出処理）を実行しても、液滴吐出装置のスループットを低下又は悪化させることはない。

また、本発明の液滴吐出装置によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

さらに、本発明の液滴吐出装置では、振動板の残留振動の発生までの時間と、その残留振動の周期とに基づいて、吐出異常の原因を検出、特定しているので、この吐出異常の原因の特定をより精度良く行うことができる。

＜第2実施形態＞

次に、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例について説明する。図34～図37は、それぞれ、インクジェットヘッド100の他の構成例の概略を示す断面図である。以下、これらの図に基づいて説明するが、前述した実施形態と相違する点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

図34に示すインクジェットヘッド100Aは、圧電素子200の駆動に

より振動板 212 が振動し、キャビティ 208 内のインク（液体）がノズル 203 から吐出するものである。ノズル（孔） 203 が形成されたステンレス鋼製のノズルプレート 202 には、ステンレス鋼製の金属プレート 204 が接着フィルム 205 を介して接合されており、さらにその上に同様のステンレス鋼製の金属プレート 204 が接着フィルム 205 を介して接合されている。そして、その上には、連通口形成プレート 206 及びキャビティプレート 207 が順次接合されている。

ノズルプレート 202、金属プレート 204、接着フィルム 205、連通口形成プレート 206 及びキャビティプレート 207 は、それぞれ所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これらを重ねることにより、キャビティ 208 及びリザーバ 209 が形成される。キャビティ 208 とリザーバ 209 とは、インク供給口 210 を介して連通している。また、リザーバ 209 は、インク取り入れ口 211 に連通している。

キャビティプレート 207 の上面開口部には、振動板 212 が設置され、この振動板 212 には、下部電極 213 を介して圧電素子（ピエゾ素子） 200 が接合されている。また、圧電素子 200 の下部電極 213 と反対側には、上部電極 214 が接合されている。ヘッドドライバ 215 は、駆動電圧波形を生成する駆動回路を備え、上部電極 214 と下部電極 213 との間に駆動電圧波形を印加（供給）することにより、圧電素子 200 が振動し、それに接合された振動板 212 が振動する。この振動板 212 の振動によりキャビティ 208 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 208 内に充填されたインク（液体）がノズル 203 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 208 内で減少した液量は、リザーバ 209 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 209 へは、インク取り入れ口 211 からインクが供給される。

図 35 に示すインクジェットヘッド 100B も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 221 内のインク（液体）がノズルから吐出するものである。このインクジェットヘッド 100B は、一対の対向する基板 220 を有し、両基板 220 間に、複数の圧電素子 200 が所定間隔をおい

て間欠的に設置されている。

隣接する圧電素子 200 同士の間には、キャビティ 221 が形成されている。キャビティ 221 の図 35 中前方にはプレート（図示せず）、後方にはノズルプレート 222 が設置され、ノズルプレート 222 の各キャビティ 221 に対応する位置には、ノズル（孔） 223 が形成されている。
5

各圧電素子 200 の一方の面及び他方の面には、それぞれ、一対の電極 224 が設置されている。すなわち、1つの圧電素子 200 に対し、4つの電極 224 が接合されている。これらの電極 224 のうち所定の電極間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 200 がシェアモード変形して振動し（図 35において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 221 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 221 内に充填されたインク（液体）がノズル 223 より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 100B では、圧電素子 200 自体が振動板として機能する。
10

15 図 36 に示すインクジェットヘッド 100C も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 233 内のインク（液体）がノズル 231 から吐出するものである。このインクジェットヘッド 100C は、ノズル 231 が形成されたノズルプレート 230 と、スペーサ 232 と、圧電素子 200 とを備えている。圧電素子 200 は、ノズルプレート 230 に対しスペーサ 20
20 232 を介して所定距離離間して設置されており、ノズルプレート 230 と圧電素子 200 とスペーサ 232 とで囲まれる空間にキャビティ 233 が形成されている。
25

圧電素子 200 の図 36 中上面には、複数の電極が接合されている。すなわち、圧電素子 200 のほぼ中央部には、第 1 電極 234 が接合され、その両側部には、それぞれ第 2 の電極 235 が接合されている。第 1 電極 234 と第 2 電極 235 との間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 200 がシェアモード変形して振動し（図 36において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 233 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 233 内に充填されたインク（液体）がノズル 231 より液滴と

して吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 100C では、圧電素子 200 自体が振動板として機能する。

図 37 に示すインクジェットヘッド 100D も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 245 内のインク（液体）がノズル 241 から 5 吐出するものである。このインクジェットヘッド 100D は、ノズル 241 が形成されたノズルプレート 240 と、キャビティプレート 242 と、振動板 243 と、複数の圧電素子 200 を積層してなる積層圧電素子 201 とを備えている。

キャビティプレート 242 は、所定の形状（凹部が形成されるような形状 10 ）に成形され、これにより、キャビティ 245 及びリザーバ 246 が形成される。キャビティ 245 とリザーバ 246 とは、インク供給口 247 を介して連通している。また、リザーバ 246 は、インク供給チューブ 311 を介してインクカートリッジ 31 と連通している。

積層圧電素子 201 の図 37 中下端は、中間層 244 を介して振動板 243 と接合されている。積層圧電素子 201 には、複数の外部電極 248 及び 15 内部電極 249 が接合されている。すなわち、積層圧電素子 201 の外表面には、外部電極 248 が接合され、積層圧電素子 201 を構成する各圧電素子 200 同士の間（又は各圧電素子の内部）には、内部電極 249 が設置されている。この場合、外部電極 248 と内部電極 249 の一部が、交互に、 20 圧電素子 200 の厚さ方向に重なるように配置される。

そして、外部電極 248 と内部電極 249 との間にヘッドドライバ 215 より駆動電圧波形を印加することにより、積層圧電素子 201 が図 37 中の矢印で示すように変形して（図 37 中上下方向に伸縮して）振動し、この振動により振動板 243 が振動する。この振動板 243 の振動によりキャビティ 245 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 245 内に充 25 填されたインク（液体）がノズル 241 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 245 内で減少した液量は、リザーバ 246 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 246 へは、インクカートリッジ 31 からインク供給チューブ 311 を介してインクが供給される

5 以上のような圧電素子を備えるインクジェットヘッド 100A～100Dにおいても、前述した静電容量方式のインクジェットヘッド 100 と同様にして、振動板又は振動板として機能する圧電素子の残留振動に基づき、液滴吐出の異常を検出しあるいはその異常の原因を特定することができる。なお、インクジェットヘッド 100B 及び 100Cにおいては、キャビティに面した位置にセンサとしての振動板（残留振動検出用の振動板）を設け、この振動板の残留振動を検出するような構成とすることもできる。

10 図 38 は、圧電アクチュエータ（圧電素子 200）を用いる場合の駆動回路 18 と検出回路 16（ここでは、残留振動検出手段）との切替手段 23 の概略を示すブロック図である。このような構成にすることにより、圧電アクチュエータの圧電素子 200 の吐出駆動動作後の起電圧を、バッファ 54 を介して波形整形回路 15 に入力し、波形整形回路 15 によって矩形波を整形することができる。したがって、圧電素子 200 の起電圧を利用することによって、上記第 1 実施形態と同様の検出処理を実行することができる。

15 以上のように、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法は、静電アクチュエータ又は圧電アクチュエータの駆動により、液滴吐出ヘッドから液体を液滴として吐出する動作を行った際に、このアクチュエータによって変位させられた振動板の残留振動又は圧電素子の起電圧を検出し、その振動板の残留振動又は圧電素子の起電圧に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出することとした。

20 また、本発明は、上記振動板の残留振動（起電圧の電圧パターンを含む）の振動パターン（例えば、残留振動波形の周期など）に基づいて、このようにして得られた液滴の吐出異常の原因を判定することとした。

25 したがって、本発明によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができ

る。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

5 また、本発明によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

10 以上、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものと置換することができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

15 なお、本発明の液滴吐出装置の液滴吐出ヘッド（上述の実施形態では、インクジェットヘッド100）から吐出する吐出対象液（液滴）としては、特に限定されず、例えば以下のような各種の材料を含む液体（サスペンション、エマルジョン等の分散液を含む）とすることができる。すなわち、カラーフィルタのフィルタ材料を含むインク、有機EL（Electro Luminescence）装置におけるEL発光層を形成するための発光材料、電子放出装置における電極上に蛍光体を形成するための蛍光材料、PDP（Plasma Display Panel）装置における蛍光体を形成するための蛍光材料、電気泳動表示装置における泳動体を形成する泳動体材料、基板Wの表面にバンクを形成するためのバンク材料、各種コーティング材料、電極を形成するための液状電極材料、2枚の基板間に微小なセルギャップを構成するためのスペーサを構成する粒子材料、金属配線を形成するための液状金属材料、マイクロレンズを形成するためのレンズ材料、レジスト材料、光拡散体を形成するための光拡散材料などである。

20 また、本発明では、液滴を吐出する対象となる液滴受容物は、記録用紙のような紙に限らず、フィルム、織布、不織布等の他のメディアや、ガラス基

板、シリコン基板等の各種基板のようなワークであってもよい。

請求の範囲

1. 振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を液滴として吐出するノズルとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、
前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、
基準パルスを発生させるパルス生成手段と、
所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、
前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする液滴吐出装置。
2. 前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した際に前記アクチュエータにより変位された前記振動板が残留振動を発生させるまでの期間である請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
3. 前記所定の期間は、前記残留振動の最初の半周期の期間である請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
4. 前記所定の期間は、前記残留振動の最初の1周期の期間である請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
5. 前記吐出異常検出手段は、前記アクチュエータの駆動により液滴が正常に吐出されたときの基準パルスの正常カウント範囲と、前記所定の期間内における前記カウンタのカウント値と比較することにより、前記吐出異常を検出する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
6. 前記吐出異常検出手段は、前記カウント値が前記正常カウント範囲よ

りも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出する請求の範囲第5項に記載の液滴吐出装置。

7. 前記吐出異常検出手段は、前記カウント値が前記正常カウント範囲よりも大きいときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したか、あるいは、前記ノズル出口付近に紙粉が付着したものと検出する請求の範囲第5項に記載の液滴吐出装置。

8. 前記カウンタは、所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルスの数を減算カウントし、前記吐出異常検出手段は、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

9. 前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第1の閾値よりも小さいときには、吐出異常の原因として前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出する請求の範囲第8項に記載の液滴吐出装置。

10. 前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと検出する請求の範囲第8項に記載の液滴吐出装置。

11. 前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと検出する請求の範囲第8項に記載の液滴吐出装置。

12. 前記吐出異常検出手段によって検出された検出結果を記憶する記憶手段を更に備える請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

13. 前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備える請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
- 5 14. 前記吐出異常検出手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
- 10 15. 前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるC R発振回路を構成する請求の範囲第14項に記載の液滴吐出装置。
- 15 16. 前記吐出異常検出手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成するF／V変換回路を含む請求の範囲第14又は15項に記載の液滴吐出装置。
- 20 17. 前記吐出異常検出手段は、前記F／V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む請求の範囲第16項に記載の液滴吐出装置。
- 25 18. 前記波形整形回路は、前記F／V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去するDC成分除去手段と、このDC成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する請求の範囲第17項に記載の液滴吐出装置。
19. 前記アクチュエータは、静電式アクチュエータである請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

20. 前記アクチュエータは、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータである請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

5 21. 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

22. 液体が充填されるキャビティと、前記キャビティに連通するノズルと、前記キャビティ内に充填された液体の圧力を変動し、この圧力変動により液体を液滴として前記ノズルから吐出させる圧電アクチュエータとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、

前記圧電アクチュエータを駆動する駆動回路と、
基準パルスを発生させるパルス生成手段と、
所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、
15 前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする液滴吐出装置。

23. 前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した後の前記圧電アクチュエータの起電圧による電圧の残留振動を発生させるまでの期間である請求の範囲第22項に記載の液滴吐出装置。

24. 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求の範囲第22に記載の液滴吐出装置。

25

25. アクチュエータを駆動して振動板を振動することにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、基準パルスを発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間内に発生した基準パルスをカウントし、このカウント値に基づいて、液滴の吐出

異常を検出することを特徴とする液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法。

26. 所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルスの数を減算し、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する請求の

5 範囲第25項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法。

27. 圧電アクチュエータを駆動して液滴を吐出する動作を行った後、基

準パルスを発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間内に発生した基準パルスをカウントし、このカウント値に基づいて、

10 液滴の吐出異常を検出することを特徴とする液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法。

要 約 書

本発明は、液滴吐出動作後における所定の期間に発生した基準パルスをカウントすることにより、液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出することができる
5 液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法を提供することを目的とする。本発明の液滴吐出装置は、振動板と、振動板を変位させるアクチュエータとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、アクチュエータを駆動する駆動回路と、基準パルスを発生させるパルス生成手段と、所定の期間内に発生する基準パルスをカウントする減算カウンタ 4 5 と、所定の期間内のカウンタ
10 のカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段とを備えている。